

Санкт–Петербургский государственный университет

Тюленева Эмилия Азаматовна

Выпускная квалификационная работа

Применение подходов к распознаванию лиц при  
разработке приложения для учета посещаемости  
занятий и эмоционального состояния обучающихся

Уровень образования: бакалавриат

Направление 02.03.02 «Фундаментальная информатика и  
информационные технологии»

Основная образовательная программа СВ.5003.2016 «Программирование  
и информационные технологии»

Научный руководитель:

доцент, кафедра компьютерных технологий  
и систем, кандидат физико-математических наук,  
Погожев Сергей Владимирович

Рецензент:

доцент, кафедра технологии программирования,  
кандидат технических наук,  
Блеканов Иван Станиславович

Санкт-Петербург

2020 г.

# Содержание

<b>Введение</b> . . . . .	3
<b>Постановка задачи</b> . . . . .	4
<b>Обзор литературы</b> . . . . .	5
<b>Глава 1. Обзор существующих решений проблемы автоматического учета посещаемости</b> . . . . .	6
<b>Глава 2. Методы идентификации лиц на изображении</b> . . . .	8
2.1. Детектирование лиц . . . . .	8
2.2. Идентификация лиц . . . . .	10
<b>Глава 3. Обзор систем распознавания эмоций на изображении</b>	13
<b>Глава 4. Архитектура приложения</b> . . . . .	15
4.1. Построение клиент-серверной архитектуры приложения .	15
4.2. Сценарии использования приложения пользователями . .	17
4.3. Выбор инструментов разработки приложения . . . . .	19
4.4. Схема базы данных приложения . . . . .	20
<b>Глава 5. Программная реализация приложения</b> . . . . .	22
5.1. Распознавание лиц и эмоций . . . . .	22
5.2. Верстка web-страниц . . . . .	23
<b>Выводы</b> . . . . .	28
<b>Заключение</b> . . . . .	29
<b>Список литературы</b> . . . . .	30

## Введение

С развитием компьютерных технологий и искусственного интеллекта биометрические системы идентификации личности стали достаточно точными для внедрения их в самые разнообразные сферы деятельности человека. Подобные системы особенно востребованы в государственных правоохранительных органах для обеспечения безопасности граждан, частных компаниях, нуждающихся в облегченной аутентификации пользователей, а также в эффективном решении задач учета посещаемости работников, студентов или учащихся.

Среди всех возможных биометрических признаков человека, как например: отпечатки пальцев, голос, радужка глаз – особое внимание заслуживает лицо человека. В первую очередь стоит заметить, что изображение лица человека довольно просто получить, например, с установленных видеокамер наблюдения или из документов, удостоверяющих личность человека. Таким образом, при использовании системы, применяющей биометрию лица в основе идентификации, нет необходимости в создании и установке специализированных сенсоров для получения информации, что упростит и удешевит сам процесс внедрения.

Именно поэтому многие существующие программные продукты, осуществляющие учет посещаемости работников и студентов и подсчет проведенного ими времени в помещении, основываются на компьютерном зрении и вытесняют с рынка более старые, традиционные системы, например, использующие для идентификации человека пропуска с установленными на них датчиками.

Уделяя особое внимание проблеме ненадежного учета посещаемости студентов в ВУЗах, необходимо отметить, что использование традиционных методов, таких как создание и проверка списков присутствующих на лекции, не является точным и достоверным решением и на протяжении всего семестра отнимает у преподавателей достаточно большое количество времени. Однако благодаря внедрению новых технологий автоматического учета посещаемости в высшие учебные заведения, стало возможным уstra-

нить указанные выше недостатки.

## **Постановка задачи**

Целью данной работы является исследование подходов к распознаванию лиц и применение их для разработки программного продукта, предназначенного для отслеживания посещаемости студентов и отображении полученных статистических данных в удобной для дальнейшего использования форме.

Также, разрабатываемая система должна предоставлять данные об эмоциональном состоянии студентов во время лекции: насколько была интересна та или иная информация и какие эмоции они испытывали. Такие данные смогут помочь лекторам лучше понять общий настрой студентов на получение новых знаний и их усвоение, а также в случае непонимания студентами большей части материала сигнализировать об этом.

Основные критерии, которым должен удовлетворять готовый продукт:

1. Система должна покрывать всю необходимую функциональность, а именно:
  - (a) распознавать студентов, присутствующих на лекции
  - (b) распознавать эмоции студентов во время лекции
  - (c) хранить и отображать полученные системой данные
2. Система должна быть легкой в освоении и использовании и иметь понятный и простой интерфейс взаимодействия
3. Система должна разграничивать пользователей на студентов и преподавателей с целью разделения их прав и возможностей, а также должна предоставлять инструменты для редактирования данных администратором
4. Система не должна быть ресурсоемкой и требовательной к аппаратному и программному обеспечению пользовательских компьютеров

## Обзор литературы

Зарождение технологии автоматического распознавания лиц началось в 1960 году, когда Woodrow Wilson Blesdoe[19] вместе с Хелен Чан и Чарльзом Биссоном создали компьютеризированную систему распознавания лиц. Однако, предложенный метод был полуавтоматическим и требовал от человека ручной разметки отличительных характеристик лица на фотографии и ввода этой информации в компьютер. Данный подход позволял проверить около 40 лиц в час, что на то момент времени было достаточно эффективно.

К концу 20-го века, примерно в 1997 году, Кристофером фон дер Малсбургом была создана наиболее эффективная технология распознавания лиц[18]. Ее точность была настолько высока, что она была приобретена для банковской отрасли и сферы обслуживания воздушных перевозок. С этого момента рынок технологий распознавания лиц начал расцветать.

С тех пор разработано множество различных методов в области компьютерного зрения, и одними из основополагающих являются метод главных компонент (МГК) и метод линейного дискриминантного анализа (ЛДА). Об эффективности применения методов МГК и ЛДА в случае отсутствия предварительной нормализации лиц на изображении можно прочесть в статье[21]. В указанной работе также предлагается усовершенствование метода главных компонент для уменьшения трудоемкости вычислений.

Помимо упомянутых выше методов распространено также использование нейронных сетей. О них можно подробно узнать из книги[22], в которой описаны не только архитектуры нейронных сетей различного типа, но и их применение для распознавания людей.

Также, с проблемой распознавания лиц на изображении тесно связана и другая проблема - проблема их детектирования, и в настоящее время существует множество различных способов ее решения, о которых подробнее можно прочесть в статье[20]. В ней рассказывается об основных направлениях в сфере детектирования лиц, их плюсах и минусах. К ним относятся, например, эмпирические методы; методы характерных инвариантных признаков; методы, в основе которых лежит поиск заданных шаблонов;

обучающиеся системы.

В работе[24] можно ознакомиться с решением проблемы выявления на изображении степени заинтересованности студентов во время лекции. В ней авторы при помощи сверточной нейронной сети добились довольно высокой точности распознавания(76.77%). Эта задача очень схожа с распознаванием эмоций и именно поэтому данная статья может быть полезна в рамках поставленной задачи.

## **Глава 1. Обзор существующих решений проблемы автоматического учета посещаемости**

Рассмотрев существующие на рынке технологии, решающие проблему автоматизированного учета посещаемости с применением компьютерного зрения, можно выделить следующие популярные продукты:

- Auto Attendance Using Face Recognition[1]

В этой системе предполагается наличие двух пользователей: преподаватель, который выбирает читаемый курс и группу, чтобы начать учет посещения, и администратор, отвечающий за манипулирование базой данных с загруженными лицами учащихся.

Плюсы системы:

- Автоматически проставляет посещаемость и сохраняет распознанные лица в базу данных.
- Предоставляет авторизованный доступ к системе.
- Возможность распознавания множества лиц в кадре.

Минусы системы:

- Не полностью автоматизированный процесс учета посещаемости.
- Для работы системы необходима ее непосредственная установка на пользовательский компьютер, а также наличие всех предустановленных программных зависимостей для данного продукта.

- iFace – Face Recognition Time Attendance System[2]

Данная система предназначена для учета посещаемости работников. Во время регистрации нового пользователя, система фиксирует его размер и форму глаз, носа, скул и особенностей челюсти, а также от одного до трех отпечатков в случае наличия ошибок при идентификации лица человека.

Плюсы системы:

- Предоставляет несколько вариантов биометрического распознавания человека.
- 100% точность идентификации лица.
- Может быть использована в зонах с повышенной секретностью.

Минусы системы:

- Ограниченный размер базы данных (до 800 работников).
- Распознавание человека происходит в пределах только сравнительно небольшой дистанции.
- Людям необходимо выстраиваться в очередь для учета посещения.
- Небольшой размер экрана устройства.

- Churchix Face Recognition Software[3]

Компания Churchix предоставляет программное обеспечение для распознавания лиц, которое может идентифицировать лицо как на фото, так и на видео в online и offline режиме, производя его сравнение с хранящимися лицами изображений в базе данных. Данное программное обеспечение разработано для тех, кто хочет избавиться от необходимости вручную отслеживать посещаемость.

Плюсы:

- Распознавание лиц не только на фото, но и на видео.

- Высокая точность.
- Взаимодействует с камерами любого типа.

Минусы:

- Не все лица на видео могут быть детектированы и распознаны сразу.
- Необходимость повторной загрузки видео для распознавания всех лиц.

Таким образом, в результате исследования рынка было выявлено, что большинство продуктов используют специально созданные устройства для идентификации человека, устанавливаемые у входа в помещение. Также ни одно из рассмотренных предложений не применяет распознаваний эмоций пользователя для последующего статистического анализа, и поэтому предложенная авторами система не имеет себе подобных.

## **Глава 2. Методы идентификации лиц на изображении**

### **2.1 Детектирование лиц**

Для обнаружения лиц студентов на видео было решено использовать детектор Хаара, реализованный в библиотеке OpenCV. Его главным преимуществом является скорость, благодаря которой происходит быстрая обработка изображений, полученных из видеопотока. Также этот детектор обладает крайне низкой вероятностью ложного обнаружения лица. Алгоритм хорошо работает и распознает черты лица под небольшим углом. Однако при отклонении лица более чем на 30 градусов процент обнаружений резко падает.

Детектор Хаара реализован на основе метода Виолы-Джонса, предложенного в 2001 году[4]. Основные принципы, на которых он основан метод, таковы:



1. Изображения имеют интегральное представление – специально разработанная форма хранения изображения, позволяющая быстро производить над его данными необходимые манипуляции. Интегральное представление изображения – это матрица, имеющая размеры исходного изображения. В каждом ее элементе хранится сумма интенсивностей всех пикселей, находящихся левее и выше данного элемента. Для расчета каждого элемента матрицы можно записать формулу:

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j),$$

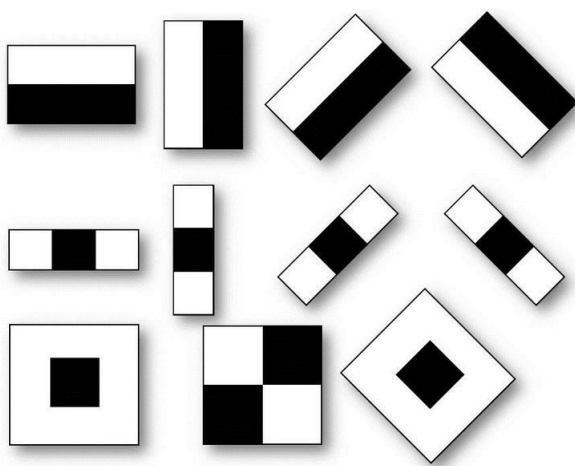
где  $I(i, j)$  - яркость пикселя исходного изображения

2. Использование признаков Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта на изображении (в данном контексте – лица). В стандартном методе Виолы – Джонса используются прямоугольные признаки, изображенные на рис. 1, они называются примитивами Хаара[5]. Для каждого примитива и изображения вычисляется значение:

$$F = X - Y,$$

где  $X$  – сумма интенсивностей пикселей, закрываемых светлой частью признака, а  $Y$  – сумма интенсивностей пикселей, закрываемых темной частью признака. Для их упрощенного вычисления используется матрица интегрального изображения, рассмотренное выше.

3. Применение бустинга для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на рассматриваемой части изображения; Бустинг – это процедура последовательного построения композиции алгоритмов машинного обучения, когда каждый следующий алгоритм стремится компенсировать недостатки композиции всех предыдущих алгоритмов.
4. Применение принципа скользящего окна для поиска нужного объекта. Он заключается в том, что окно с меньшим размером чем исход-



**Рис. 1:** Признаки Хаара.

ное изображение, двигается с некоторым шагом по нему, и с помощью каскада слабых классификаторов определяет, есть ли в рассматриваемом окне искомый объект.

## 2.2 Идентификация лиц

На данный момент существует много разнообразных подходов к идентификации лица человека, а именно:

**Метод гибкого сравнения на графах** Суть метода сводится к эластичному сопоставлению графов, описывающих изображения лиц[6]. Лица представлены в виде графов со взвешенными вершинами и ребрами. На этапе распознавания один из графов – эталонный – остается неизменным, в то время как другой деформируется с целью наилучшей подгонки к первому. В подобных системах распознавания графы могут представлять собой как прямоугольную решетку (рис.2), так и структуру, образованную характерными (антропометрическими) точками лица (рис.3)

Деформация графа происходит путем смещения каждой из его вершин и выбора такой ее позиции, при которой разница между значениями признаков вершины деформируемого графа и соответствующей ей вершины эталонного графа будет минимальной. Данная операция выполняется поочередно для всех вершин графа до тех пор, пока не будет достигну-

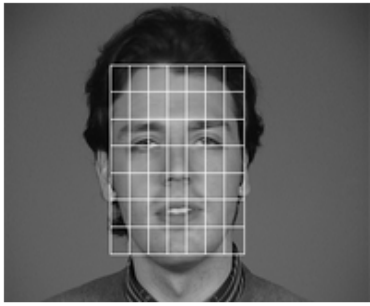


Рис. 2

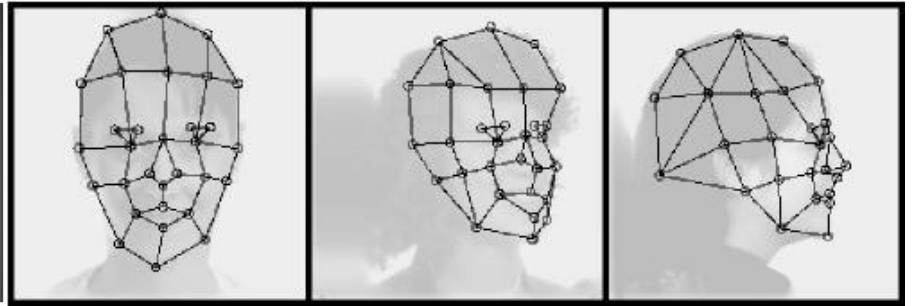


Рис. 3

то наименьшее суммарное различие между признаками деформируемого и эталонного графов. Значение ценовой функции деформации при таком положении деформируемого графа и будет являться мерой различия между входным изображением лица и эталонным графом. Данная «релаксационная» процедура деформации должна выполняться для всех эталонных лиц, заложенных в базу данных системы. Результат распознавания системы – эталон с наилучшим значением ценовой функции деформации.

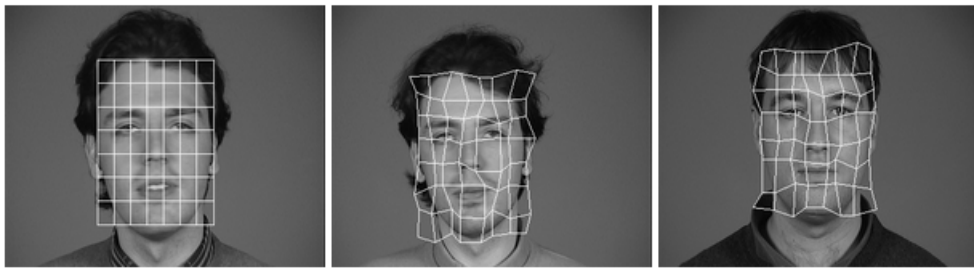


Рис. 4: Пример деформации графа в виде регулярной решетки[6]

Большим плюсом данного метода является 95-97% эффективность распознавания даже при наличии различных эмоциональных выражениях и изменении ракурса лица до 15 градусов. Однако он обладает высокой вычислительной сложностью процедуры распознавания, что делает его неприемлемым в случае работы с потоковыми видео.

**Нейронные сети** В настоящее время существует около десятка разновидностей нейронных сетей. Однако наилучшие результаты в области распознавания лиц показала сверточная нейронная сеть (CNN). Тестирование CNN на базе данных ORL, содержащей изображения лиц с небольшими изменениями освещения, масштаба, пространственных поворотов, положения

и различными эмоциями, показало 96% точность распознавания. Свое развитие в области распознавания лиц CNN получили в разработке DeepFace, которую приобрел Facebook для распознавания лиц пользователей своей соцсети. К сожалению, все особенности архитектуры носят закрытый характер.

Говоря о недостатках нейронных сетей, следует упомянуть:

- добавление нового эталонного лица в базу данных требует полного переобучения сети на всем имеющемся наборе (достаточно длительная процедура, в зависимости от размера выборки от 1 часа до нескольких дней).
- Проблемы математического характера, связанные с обучением: попадание в локальный экстремум, выбор оптимального шага в задаче оптимизации, переобучение и т. д.
- Трудно формализуемый этап выбора архитектуры сети (количество нейронов, слоев, характер связей).

**Метод главных компонент (РСА)** Первоначально метод главных компонент начал применяться в статистике для снижения пространства признаков без существенной потери информации. В задаче распознавания лиц его применяют главным образом для представления изображения лица вектором малой размерности, который сравнивается затем с эталонными векторами, заложенными в базу данных.

Метод главных компонент хорошо зарекомендовал себя в практических приложениях. Однако, в тех случаях, когда на изображении лица присутствуют значительные изменения в освещенности или выражении лица, эффективность метода значительно падает.

**Таблица 1:** Сравнение методов

Метод	Плюсы	Минусы
-------	-------	--------

Гибкое сравнение на графах	1. 95-97% точность распознавания в неидеальных условиях	1. Высокая вычислительная сложность
Нейронные сети	1. 96% точность распознавания 2. Высокая скорость работы	1. Необходимость полного переобучения при обновлении базы данных лиц 2. Сложность выбора архитектуры
Метод главных компонент	1. 96% точность распознавания	1. Резкое падение точности распознавания в неидеальных условиях

Проанализировав плюсы и минусы (таблица 1) существующих методов распознавания лиц, было решено использовать сверточные нейронные сети для идентификации лиц студентов. Данное решение было принято в связи с высокой скоростью и качеством распознавания и не частой необходимостью обновлять базу данных студентов (один – два раза в год).

### Глава 3. Обзор систем распознавания эмоций на изображении

Распознавание выражений лица – интересная и сложная задача из области компьютерного зрения. На данный момент времени существует несколько готовых продуктов, предоставляющих такую возможность[7].

**FaceReader(Noldus Information Technology)[8]** Работа по идентификации эмоций данной программы происходит в 3 шага (рис. 3):

1. Детектирование лица — выделение области на изображении, соответствующей лицу, с помощью каскадного классификатора Виолы-Джонса.

2. На следующем этапе FaceReader использует 2 независимых подхода для дальнейшего сопоставления полученных результатов.

Первый синтезирует искусственную модель лица, которая содержит в себе расположение более чем 500 ключевых точек лица. Метод главных компонент используется для дальнейшего снижения размерности. Вектора входных изображений образуются с помощью подсчета отклонений от среднего вектора и поступают на вход нейронной сети, которая умеет распознавать 7 базовых эмоций Пола Экмана.

Второй подход использует нейронные сети глубокого обучения для прямого выявления эмоций. Это дает преимущество анализа изображений даже при частичном сокрытии лица.

3. Сопоставление полученных результатов на шаге 2 и подведение итога.

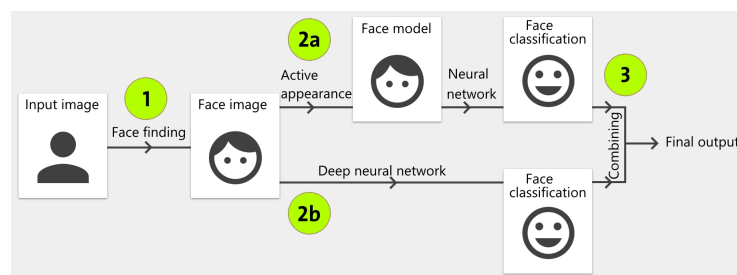


Рис. 5: Шаги работы FaceReader

**EmoDetect(Neurobotics, Russia)** Данный продукт позволяет определить психоэмоциональное состояние человека с помощью нейронных сетей: выполняется нахождение опорных точек на лице человека, и классификатор строит решение на основе их положения относительно друг друга. В отличие от программы FaceReader принятие решения происходит с помощью не двух, а трех независимых классификаторов: нейронная сеть, система решающих правил, классификатор по взвешенной сумме признаков.

**Microsoft Oxford Project Emotion Recognition (Microsoft, USA)** Данный продукт работает схоже с предыдущими: на загружаемой фото-

графии сначала детектируется область лица, после чего определяются по мимике предположительные эмоции. Так как программа работает в тестовом режиме, результаты могут получаться неточными и неожиданными.

**Вывод** Проанализировав существующие готовые решения, можно заметить, что большинство из них умеет распознавать стандартные набор эмоций: «Злость», «Отвращение», «Страх», «Счастье», «Грусть», «Удивление» и «Спокойствие». Однако если нам нужны особенные эмоции или не все, то тогда сверточные нейронные сети (CNN) будут наилучшим инструментом. Тренируя на собственном датасете такую нейронную сеть можно добиться хорошей гибкости и распознавать только те эмоции, которые нам необходимы в контексте рассматриваемой задачи. Для решения поставленной задачи было решено использовать библиотеку ЕмоРу, в которой натренированы несколько сверточных нейронных сетей для различных комбинаций эмоций.

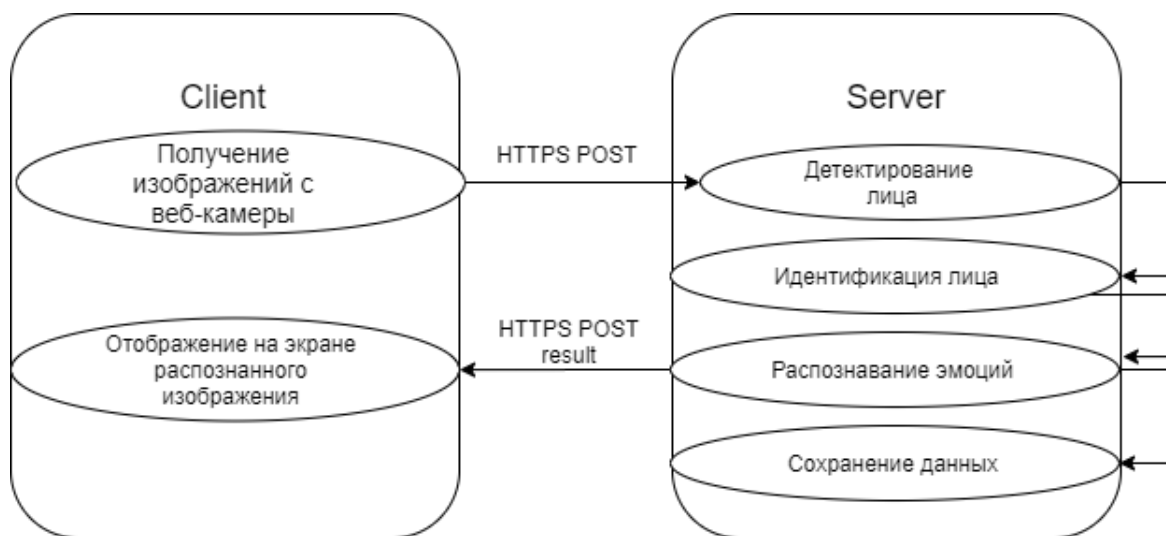
## Глава 4. Архитектура приложения

### 4.1 Построение клиент-серверной архитектуры приложения

Проанализировав существующие архитектурные стили приложений, было решено использовать клиент-серверную архитектуру (рис.6). Она удовлетворяет всем необходимым требованиям и является наиболее простым и распространенным решением.

Плюсы клиент-серверной архитектуры:

- Масштабируемость системы: при наращивании аппаратных средств (серверов) система способна адаптироваться к увеличению числа клиентов и объему данных.
- Устойчивость к сбоям на клиенте: сбой работы на клиентском компьютере не сказывается на целостности данных и их доступность для других клиентов.



**Рис. 6:** Клиент-серверная архитектура приложения

- Хорошая гибкость системы: она достигается тем, что приложение содержит три логические части:
  - представление, реализующее функции ввода и отображения данных;
  - прикладная часть, реализующая функции, характерные для заданной предметной области;
  - менеджер ресурсов.

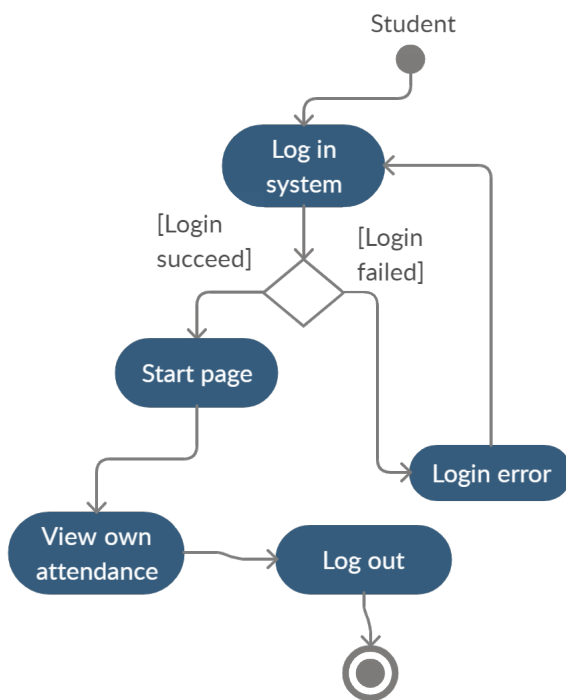
Также, создание именно Web-приложения упрощает использование готового программного продукта и исключает необходимость предустановки необходимого программного обеспечения вместе с самой программой на все клиентские компьютеры.

Однако у данного подхода имеются и недостатки. Прежде всего это уязвимость к отказам сервера, от которого зависит работа всей программы. А также необходимость в системном администраторе для поддержания работы приложения.



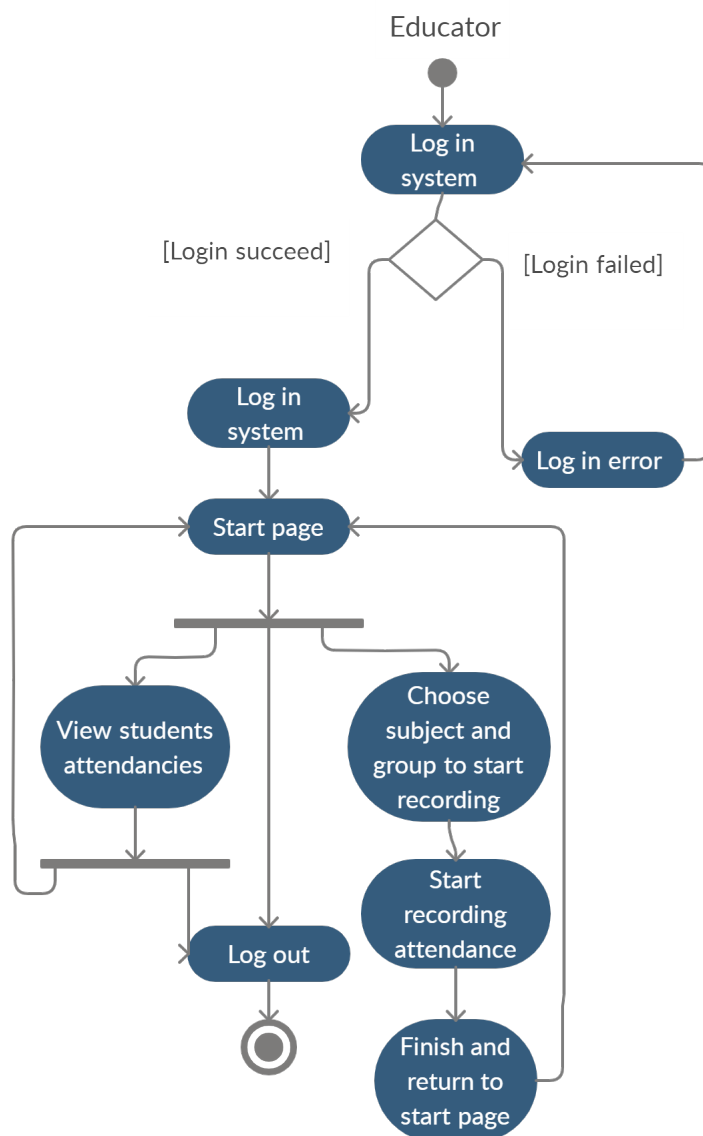
## 4.2 Сценарии использования приложения пользователями

Для будущего приложения были составлены диаграммы сценариев использования, которые можно увидеть на рисунках 7,8,9.



**Рис. 7:** Сценарии использования

По своей сути пользовательские сценарии - это небольшие цепочки последовательных действий, которые могут совершать пользователи в контексте взаимодействия с приложением или сайтом для достижения поставленных целей. Их создание требует особого мышления и понимания целей и мотивов пользователей. Благодаря сценариям использования приложения можно расширить потенциал дизайна в плане его универсальности и даже выйти за рамки того, что предлагается на рынке.



**Рис. 8:** Сценарии использования

В качестве основных пользователей разрабатываемого приложения выступают преподаватели и студенты. У каждого типа пользователей свои привилегии и возможности, которые отражаются в доступных им функциях. Также для поддержания корректной работы приложения нужен особый тип пользователя - администратор, наделенный особыми правами и возможностями. Его основная задача - следить за целостностью и сохранностью данных, обновлять базу данных студентов и преподавателей при необходимости.

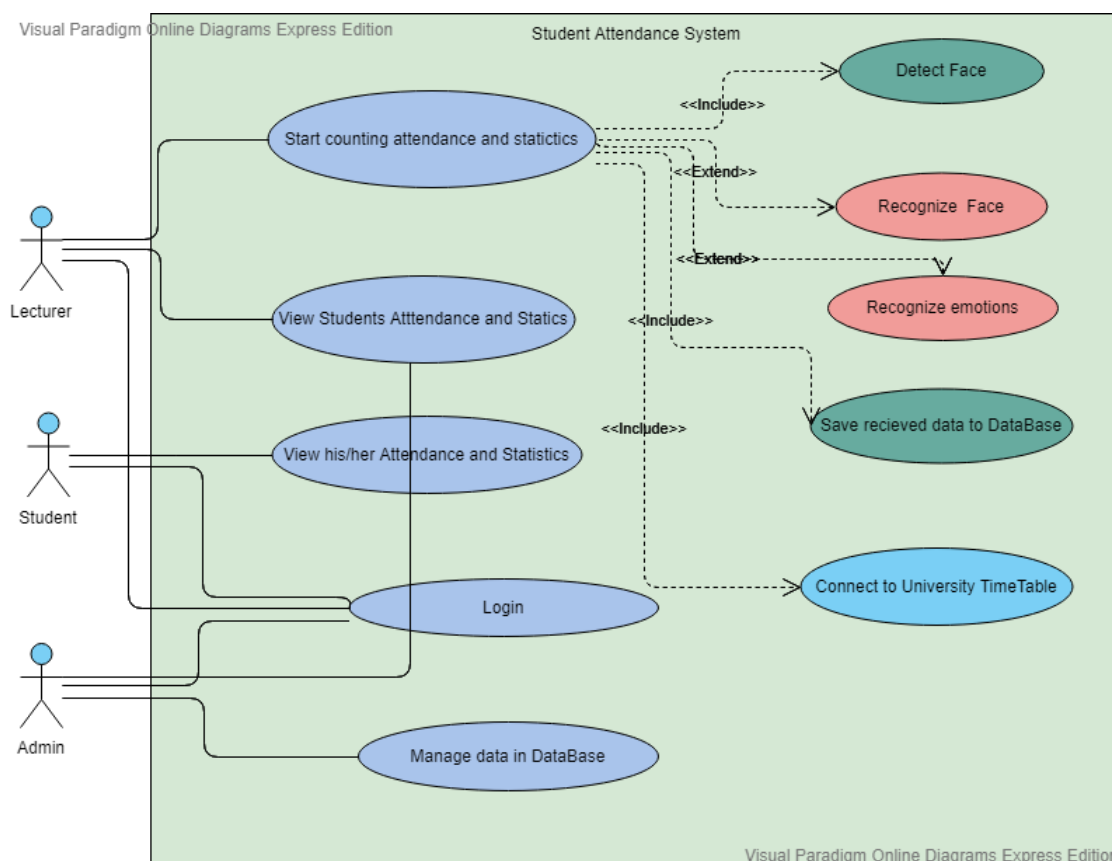


Рис. 9: Диаграмма взаимодействия

### 4.3 Выбор инструментов разработки приложения

На первом этапе разработки для проектирования технического задания и выявления функциональных требований к будущему приложению была выбрана программа MindMaster[9]. Она позволяет создавать разнообразные диаграммы, использующие формы и другие визуальные эффекты различных цветов для представления концепций, идей, слов, задач и т.д.

Для следующего этапа, состоящего в написании кода программы, было решено использовать язык программирования python и среду разработки PyCharm[10]. Выбор данного языка обусловлен наличием большого количества библиотек не только для работы с изображениями (imutils, Pillow), но и для распознавания и детектирования лиц и эмоций человека (openCV, Emotion-detection). Внедрение в работу серверной части web-приложения полученной функциональности происходит благодаря Django[11].

Django — это бесплатный и свободный фреймворк с богатыми воз-

возможностями, предназначенный для разработки сложных сайтов и веб-приложений на языке программирования Python. Он имеет активное процветающее сообщество с открытым исходным кодом и обладает многими преимуществами по сравнению со своими конкурентами. Некоторые из его достоинств:

- Поддерживает принцип "Все включено": большинство необходимых разработчикам инструментов является частью фреймворка и безупречно работает вместе, а также имеет обширную и актуальную документацию.
- Безопасный: предоставляет механизмы предотвращения распространения атак и безопасные способы управления учетными записями и паролями.
- Масштабируемый: В основе Django лежит компонентная архитектура, позволяющая свободно заменять или изменять независимые части приложения.
- Приложения, написанные на Django могут запускаться на многих платформах, включая Linux, Windows, Mac OS X.

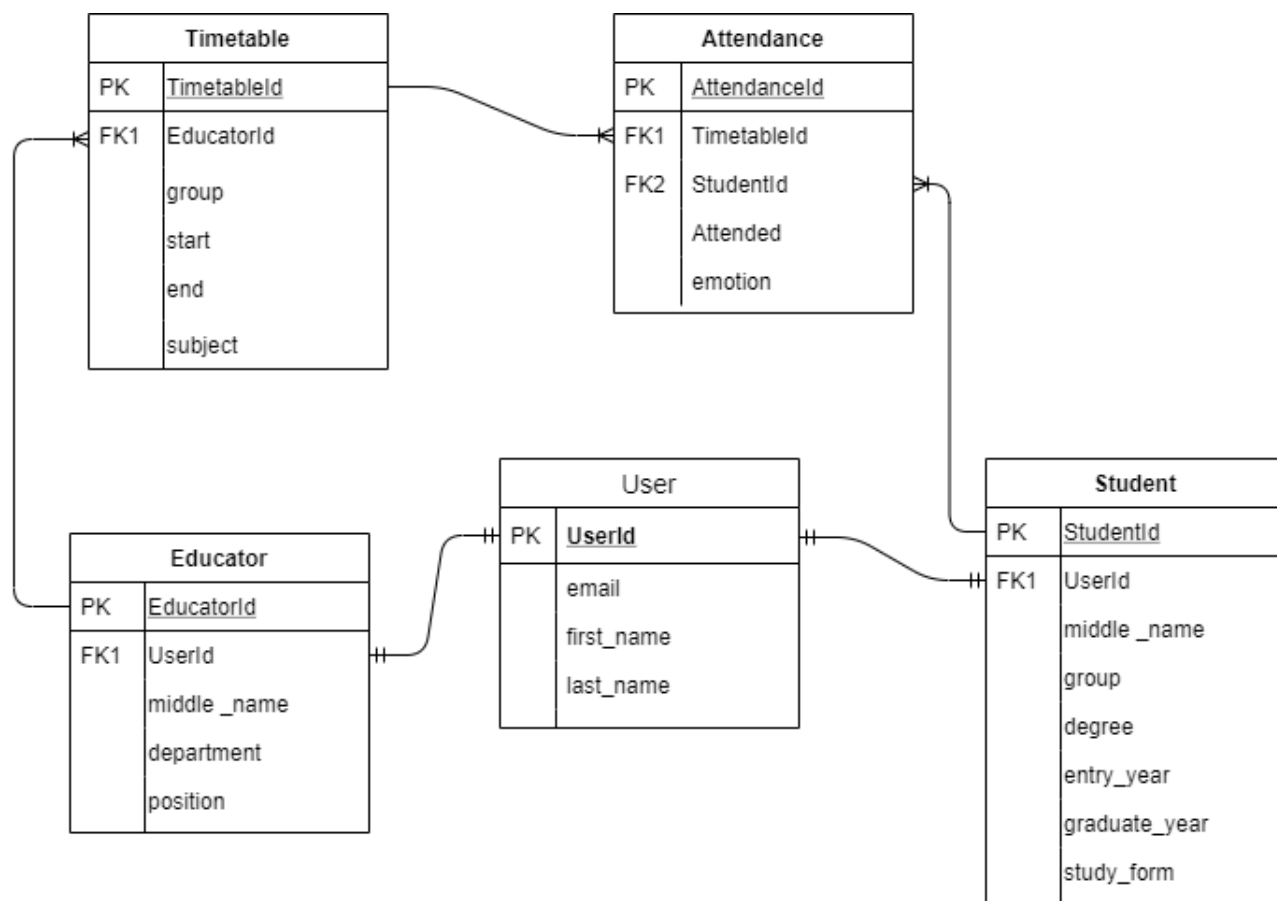
Для хранения данных приложения была выбрана база данных Postgres. И на последнем этапе разработки приложения для верстки страниц были использованы шаблоны bootstrap. Они легко и быстро внедряются в код страницы, добавляя необходимую функциональность и стили.

## 4.4 Схема базы данных приложения

Как упоминалось выше, для хранения данных приложения было решено использовать POSTGRES - популярную свободную объектно-реляционную систему управления базами данных. В силу ее "реляционности" данные в ней хранятся в виде отношений - математических таблиц. Любая таблица представляет собой именованный набор строк. Строки одной таблицы имеют одинаковый набор именованных колонок, каждой из которых назначается определенный тип данных. Таблицы объединяются в базы данных,

а набор баз данных, управляемый одним экземпляром сервера PostgreSQL, образует кластер баз данных.

Для хранения записей о студентах, преподавателях и посещаемости были спроектированы 5 таблиц с отношениями между ними, которые можно увидеть на рисунке 10.



**Рис. 10:** Схема базы данных

Между 2 таблицами могут существовать 4 вида связи:

- Один к одному - в данном случае каждому экземпляру первой таблицы соответствует единственный экземпляр второй таблицы.
- Один ко многим - при этом одной записи первой таблицы может соответствовать несколько согласованных с ней записей второй таблицы.
- Многие к многим - каждой записи из одной таблицы может соответствовать любое количество записей в другой таблице и наоборот.

- Многие к одному - фактически это отношение один ко многим, рассматриваемое в обратном порядке.

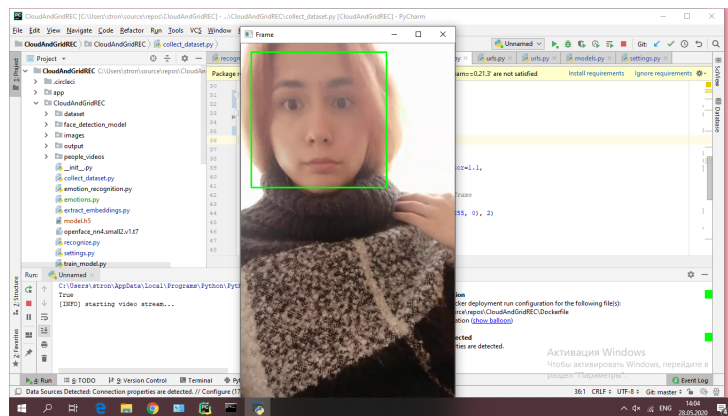
## Глава 5. Программная реализация приложения

### 5.1 Распознавание лиц и эмоций

В качестве основного инструмента распознавания лиц на изображении была выбрана нейронная сеть на основе архитектуры[13], обученная на 3-х миллионах изображениях Дэвисом Кингом, создателем известной библиотеки dlib. Ее точность распознавания составляет 99.38% и является приемлемой в рамках поставленной задачи.

Данная нейронная сеть кодирует подаваемое на вход изображение лица человека 128-разрядным числовым вектором, который далее передается обученному классификатору. В данной работе был выбран для классификации метод опорных векторов. Для того чтобы обучить классификатор правильно распознавать лица студентов, нужно собрать датасет из 10-20 маркированных фотографий каждого студента, предварительно закодированных числовыми векторами с помощью нейронной сети.

Источником фотографий студентов в данной работе было выбрано видео. Для их получения была реализована подпрограмма, обрабатывающая каждый кадр для детектирования на нем лица человека и выводящая его на экран(рис. 11). При нажатии определенных клавиш на клавиатуре, отображаемое изображение сохраняется на диск. Таким образом, сбор необходимых данных для тренировки классификатора не является трудной задачей и может быть реализован за короткое время.



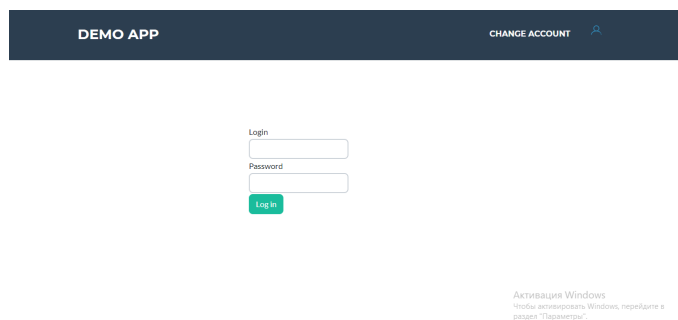
**Рис. 11:** Создание тренировочных данных

Для распознавания эмоций была также выбрана обученная сверточная нейронная сеть из библиотеки EmoPy[16]. Ее тренировочная точность распознавания составляет 0.9148 для 3-х видов эмоций и 0.6187 для 7-ми. Такое падение точности обуславливается неоднозначностью толкования эмоционального состояния человека, его многогранностью, а также неодинаковыми проявлениями одних и тех же эмоций у разных людей.

## 5.2 Верстка web-страниц

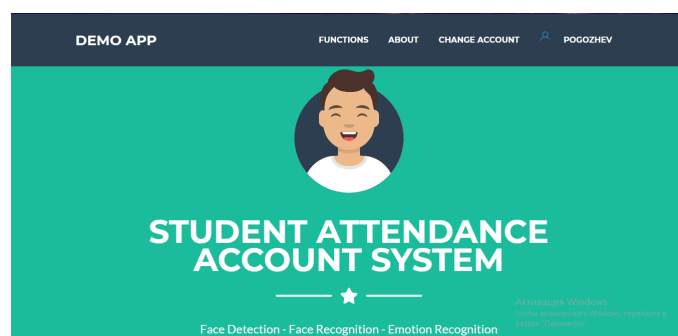
После реализации основного функционала заключительным этапом в разработке приложения является создание web-страниц. Для ускорения процесса верстки и создания современного, простого и красивого интерфейса пользователя был использован фреймворк Bootstrap[14] и его готовые шаблоны[15].

Перейдя по ссылке, на которой находится данное приложение, пользователь оказывается на странице входа(рис. 12). После успешного прохождения аутентификации открывается стартовая страница.

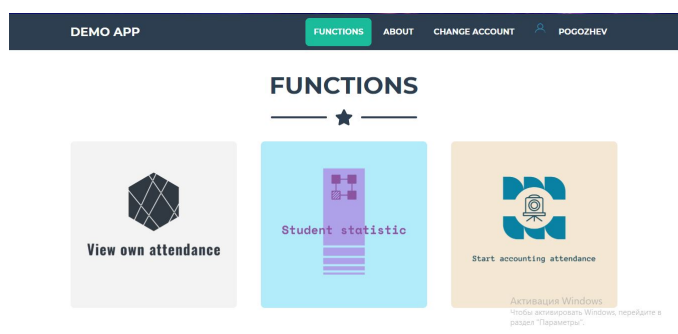


**Рис. 12:** Страница входа

На рисунках 13 и 14 можно увидеть шаблон стартовой страницы. На ней в "шапке" размещается название программы, ссылки на основные страницы, а ниже - доступные пользователям функции.



**Рис. 13:** Стартовая страница



**Рис. 14:** Стартовая страница(продолжение)

Выбирая функцию "View own attendance" студент переходит на новую страницу, отображающую его статистику посещений лекций и эмоциональное состояние за текущий семестр(рис. 15). Остальные функции ему



недоступны и при попытке перехода появляется соответствующее предупреждение.

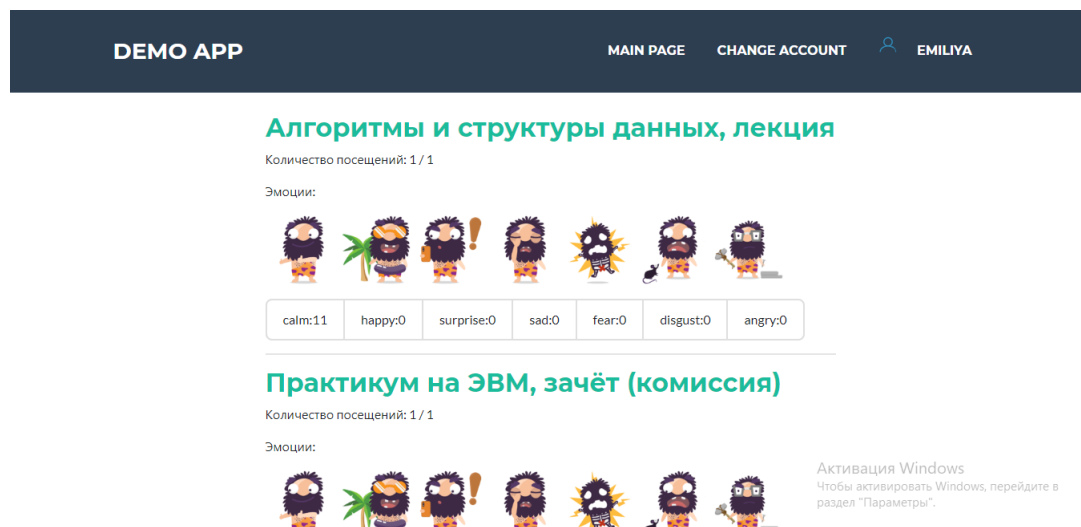


Рис. 15: Статистика студента в текущем семестре

Для преподавателей доступными являются 2 следующие функции: "Student statistic" и "Start accounting attendance".

При выборе первой функции преподавателю предлагается выбрать среди всех его текущих предметов один, статистику которого ему необходимо просмотреть(рис. 16). Далее, после выбора предмета, на экране отображается список всех студентов, записанных на данный курс в текущем семестре вместе с их статистикой(рис. 17).

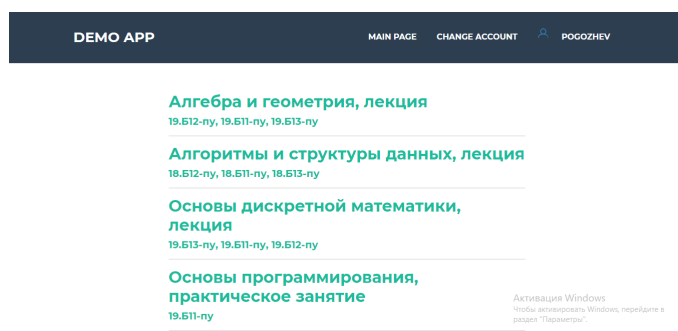
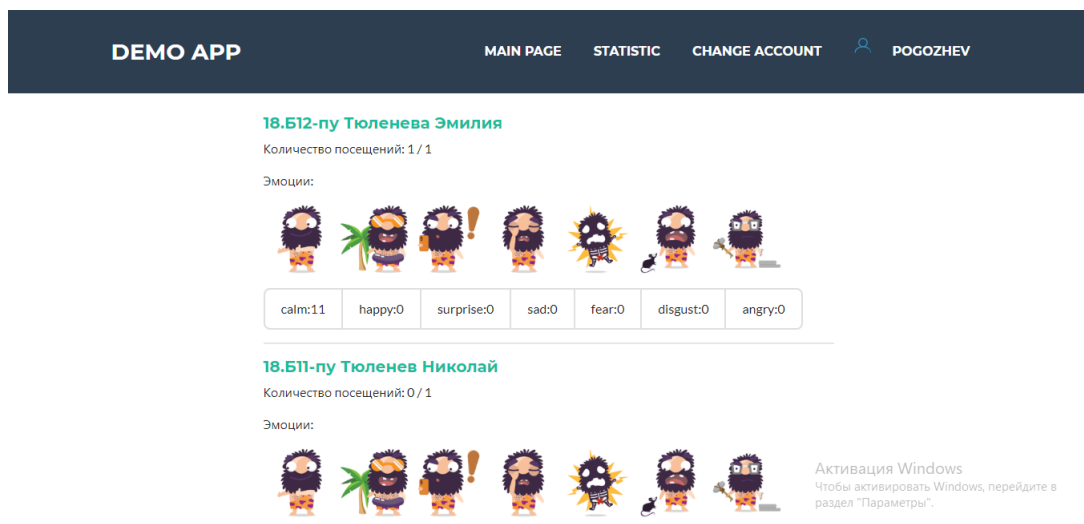
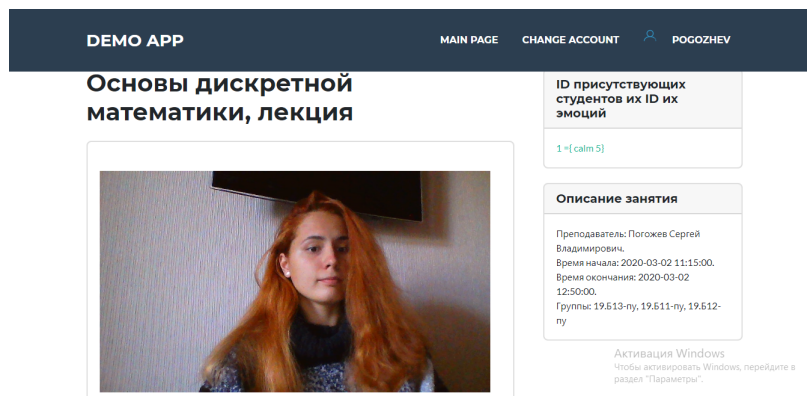


Рис. 16: Перечень текущих предметов преподавателя



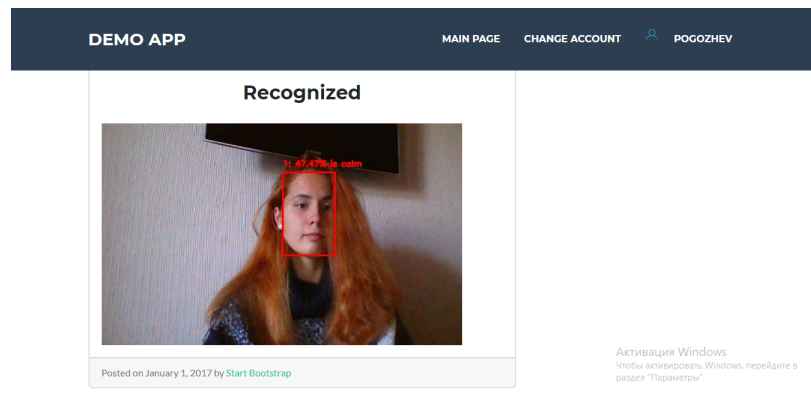
**Рис. 17:** Статистика выбранного предмета

Выбрав вторую функцию перед преподавателем открывается перечень лекций на текущий день согласно расписанию, из которого делается выбор. Далее открывается страница учета посещаемости и после нажатия кнопки "Start Recording" начинается интервальное считывание кадров (1 кадр/10 секунд) с web-камеры и передача их на сервер с целью обработки и записи результатов в базу данных(рис. 18). Распознанный кадр возвращается с сервера и отображается ниже на странице(рис. 19).



**Рис. 18:** Страница учета посещаемости

Также на этой странице размещается вся информация о текущей лекции, а именно: время начала, время окончания, номера групп студентов и ФИО преподавателя.



**Рис. 19:** Страница учета посещаемости(продолжение)

Для особого типа пользователя(администратора) приложение предоставляет возможность манипулирования данными через удобный интерфейс django admin site. Он уже реализован во фреймворке Django и позволяет создавать, редактировать и удалять записи в таблицах.

Исходный код доступен в репозитории GitHub по ссылке[17].

## Выводы

Разработанная система отвечает поставленным критериям, а именно:

- Реализует необходимую функциональность
- Не является трудной в использовании: сценарии взаимодействия пользователей и системы интуитивно понятны и просты.
- В системе соблюдено разграничение пользователей на 3 вида: администратор, студент, преподаватель.
- Система не является ресурсоемкой для пользователей: для ее эксплуатации необходим только лишь браузер с поддержкой технологии HTML5. Никаких дополнительных компонентов устанавливать на клиенте не требуется.

## Заключение

Таким образом, можно подвести итоги данной работы:

- Были рассмотрены наиболее популярные методы распознавания лиц и выбран наиболее оптимальный в рамках поставленной задачи
- Проведен обзор существующих программ для распознавания эмоций человека, а также методов, лежащих в их основе.
- Написаны сценарии использования приложения для двух основных типов пользователей
- Разработана архитектура приложения вместе с ее компонентами и характером взаимодействия между ними
- Был выбран стек используемых технологий, отмечены плюсы использования некоторых инструментов разработки.
- Был создан интерфейс для отображения статистических данных в удобной для чтения и анализа форме.
- Было создано web-приложение для автоматического учета посещаемости студентов и мониторинга их психоэмоционального состояния во время лекции.

## Список литературы

- [1] Auto Attendance Using Face Recognition by Mahvish URL: <http://fewtutorials.bravesites.com/> (дата обращения: 21.12.2019).
- [2] iFace – Face Recognition Time Attendance System URL: <https://www.bioenabletech.com/face-recognition-system/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [3] Churchix Face Recognition Software URL: <https://churchix.com/face-recognition-software-features/> (дата обращения: 21.12.2019).
- [4] P. Viola and M. Jones. Robust real-time face detection. IJCV 57(2), 2004.
- [5] Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц // habr URL: <https://habr.com/ru/post/133826/> (дата обращения: 19.05.2020).
- [6] Анализ существующих подходов к распознаванию лиц // habr URL: <https://habr.com/ru/company/synesis/blog/238129/> (дата обращения: 19.05.2020).
- [7] Лескин В. Н. Распознавание эмоций в видеопотоке // Научный корреспондент. 2016.
- [8] Noldus FaceReader // noldus URL: <https://www.noldus.com/facereader/> (дата обращения: 19.05.2020).
- [9] MindMaster // edrawsoft URL: <https://www.edrawsoft.com/download-mindmaster.html/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [10] PyCharm // jetbrains URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [11] Django // djangoproject URL: <https://www.djangoproject.com/> (дата обращения: 02.06.2020).

- [12] OpenCV Face Recognition // pyimagesearch URL: <https://www.pyimagesearch.com/2018/09/24/opencv-face-recognition/> (дата обращения: 30.05.2020)
- [13] Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, James Philbin FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering // 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2015. С. 815-823.
- [14] Bootstrap // getbootstrap URL: <https://getbootstrap.com/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [15] BootstrapThemes // themes.getbootstrap URL: <https://themes.getbootstrap.com/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [16] EmoPy // pypi URL: <https://pypi.org/project/EmoPy/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [17] Git Hub // github URL: <https://github.com/Rahmatullina/FinalYearProject/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [18] Okada K. et al. (1998) The Bochum/USC Face Recognition System and How it Fared in the FERET Phase III Test. In: Wechsler H., Phillips P.J., Bruce V., Soulié F.F., Huang T.S. (eds) Face Recognition. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences), vol 163. Springer, Berlin, Heidelberg
- [19] Woodrow Wilson Bledsoe // wiki URL: [https://de.qwe.wiki/wiki/Woody\\_Bledsoe/](https://de.qwe.wiki/wiki/Woody_Bledsoe/) (дата обращения: 02.06.2020).
- [20] Татаренков Д.А. Анализ методов обнаружения лиц на изображении // Молодой ученый. 2015. №4. С. 270-276.
- [21] В. В. Мокеев, С. В. Томилов О решении задачи распознавания изображений методом главных компонент и линейным дискриминантным анализом // Компьютерная оптика. 2014. №4. С. 871–880.

- [22] Bryliuk, Starovoitov Valery Распознавание человека по изображению лица нейросетевыми методами. 2 изд. Минск: Препринт / Институт техн. кибернетики НАН Беларуси, 2002.
- [23] Анализ существующих подходов к распознаванию лиц // habr URL: <https://habr.com/ru/company/synesis/blog/238129/> (дата обращения: 02.06.2020).
- [24] Omid Mohamad Nezami<sup>1</sup>, Mark Dras, Len Hamey, Deborah Richards, Stephen Wan and Cécile Paris Automatic Recognition of Student Engagement using Deep Learning and Facial Expression